Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 75-88

Investigation of Growth Indices and Gas Exchanges in Two Cultivars of Sweet William (*Dianthus barbatus*) under Salinity Stress

V. Ghasemi[1], A. Ehtesham Nia[2*], A. RezaeiNejad[3], H. Mumivand[4]

Received: 13-08-2021
Revised: 23-09-2021
Accepted: 01-11-2021
Available Online: 01-11-2021

How to cite this article:
Ghasemi, V., Ehtesham Nia, A., RezaeiNejad, A., & Mumivand, H. (2023). Investigation of growth indices and gas exchanges in two cultivars of Sweet William (*Dianthus barbatus*) under salinity stress. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 75-88. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2021.71942.1081

Introduction

Salinity stress impairs the absorption of elements such as potassium, leads to decrease in water and minerals, or due to an increase in Na^+ effects the absorption of other elements. Salinity of water and soil is one of the obstacles to the expansion of agriculture in most part of the world. Salinity causes several physiological and morphological changes in plants and affects growth and photosynthesis. Salinity stress also affects the absorption of nutrients, and finally the plants sensitivity to stress increases. High concentrations of Nacl in rhizosphere reduce the water potential and cause physiological drought stress. In addition, salinity stress can cause ion toxicity and imbalance, which can damage the plant. Salinity stress has been shown to reduce plant biomass by decreasing photosynthetic capacity and chlorophyll content. As stress increases, stomatal conductance and CO2 assimilation decrease, which both negatively impact photosynthesis and lead to a decrease in plant growth. Dianthus is an annual or perennial plant that produces velvety flowers in various colors. Due to its resistance to cold and wide range of colors, it is commonly used in landscaping. However, limited research has been conducted on the response of Dianthus to environmental stress, making it important to investigate its behavior under such conditions.

Material and Method

This research was conducted at greenhouse of municipality of Khomein, Iran. The statistical design was used in the factorial experiment based on CRD. Experimental factors included salinity stress (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 mM) and cultivars (Barbarin and Diana). After preparing the seeds, it is first disinfected using sodium hypochlorite and then planted in plastic pots containing soil, sand and manure. At the end of the experiment, morphological traits, stomatal conductance, photosynthesis rate, Na^+, K^+ and Na^+/K^+ was also examined. Gas exchanges were measured using an exchange measuring device (LCA4, ADC Bioscientific,Ltd., Hoddesdon, England). At the time of measuring gas exchanges, the temperature under chamber was 26-29 C and relative humidity was 58-62%. (stomatal conductivity is based on $mmol/m^2/s$ and photosynthesis in $\mu mol/m^2/s$). To measure the concentration of Na^+ and K^+, the leaf first turned to ash (at 550 C). Then 5 ml of hydrochlorid was added to dissolve the sample and the volume of the filtered solution was reduced to 50 ml with distilled water and the concentration of Na^+ and K^+ was measured with flame meter. In order to measure the fresh weight of leaves and roots, plant components were separated. Fresh weight was recorded with a scale and then samples were placed in the oven (for 48 h) and weighted again to measure dry weight. Leaf area was measured with a leaf guuge device (A30325) and plant height and root length using a ruler. Statistical analysis of data was performed using Mini Tab and Excel software.

Results and Discussion

Results showed that salinity stress generally affected the growth of both carnation cultivars and reduced

1, 2, 3 and 4- Former Ph.D. Student, Associate Professor, Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Ehteshamnia.ab@lu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.71942.1081

vegetative and reproductive growth. According to the results obtained from the study, fresh and dry weight of shoot, root and leaves, root length, plant height, stem diameter, diameter and number of flower, lateral shoot number, stomatal conductance, photosynthesis rate, K^+ concentration in Diana and Barbarin cultivars decreased with increasing salinity level. Na^+ concentration and Na^{+}/K^+ increased with increasing salinity and these two traits were higher in Diana than Barbarin cultivar, which indicates lower resistance of Diana cultivar. The plant's first response to stress is to reduce its leaf area, which reduces the supply of photosynthetic material to the growing parts and consequently hinders growth and flowering. Salinity stress and high osmotic potential in the rhizosphere greatly affect photosynthesis as they decrease pore conductivity. Moreover, excessive absorption of Na+ can interfere with the absorption of other elements, thereby restricting plant growth. Potassium (K+) is an essential inorganic molecule that plays a crucial role in increasing plant resistance to stress. It helps in maintaining turbidity, promoting cell development, and regulating stomatal function. In this study, salinity stress affected the growth and yield of both carnation cultivars, and with increasing stress, all morphological traits decreased. This stress also reduce photosynthesis by reducing stomatal conductance and subsequently reduce other growth characteristics. Growth reduction was observed at high salinity stress concentrations in both cultivars. However, barbarin cultivar showed higher resistance than Diana.

Keywords: Leaf area, Na^+/K^+, NaCl, Photosynthetic rate, Sweet William

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱٤٠۲، ص.۸۸-۷۵

بررسی شاخص‌های رشدی و تبادلات گازی دو رقم قرنفل (*Dianthus barbatus*) تحت تنش شوری

وحید قاسمی[۱]- عبداله احتشام نیا[۲]*- عبدالحسین رضایی نژاد[۳]- حسن مومیوند[٤]

تاریخ دریافت :۱۴۰۰/۰۵/۲۲
تاریخ بازنگری:
تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۰۸/۱۰

چکیده

به منظور مطالعه اثر تنش شوری بر شاخص‌های رشدی و تبادلات گازی در دو رقم قرنفل، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تنش شوری کلرید سدیم در ده سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلی مولار) و رقم در دو سطح (’باربارین‘ و ’دیانا‘) اجرا شد. در این پژوهش، وزن تر و خشک اندام هوایی، برگ و ریشه، قطر و تعداد گل، سطح برگ، ارتفاع، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی، هدایت روزنه‌ای، میزان فتوسنتز، درصد عناصر سدیم و پتاسیم و نیز نسبت این دو عنصر بررسی گردید. نتایج نشان داد که تنش شوری اثرات منفی بر رشد هر دو رقم داشت و بیش‌ترین مقادیر صفات رشدی در تیمار کنترل (عدم کاربرد نمک کلرید سدیم) مشاهده شد. سطوح بالای تنش شوری، به شدت وزن تر و خشک و نیز ارتفاع و سطح برگ گیاه را کاهش داد، همچنین تنش در هر دو رقم منجر به کاهش تعداد و قطر گل شد. تنش شوری بر میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای نیز اثر منفی برجای گذاشت و منجر به کاهش این دو صفت در شرایط سطوح بالاتر تنش شوری شد. غلظت عنصر سدیم به واسطه کاربرد کلرید سدیم با افزایش سطح تنش افزایش یافت و با اثر بر جذب پتاسیم منجر به کاهش درصد پتاسیم با افزایش سطح کلرید سدیم شد و در نهایت در گیاهان رشد یافته در شرایط تنش، نسبت سدیم به پتاسیم نیز افزایش نشان داد. به‌طور کلی رقم باربارین در اکثر صفات نسبت به رقم ’دیانا‘ تحمل بالاتری نشان داد و جهت استفاده در مناطق با آب و خاک شور توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، قرنفل، کلرید سدیم، میزان فتوسنتز، نسبت سدیم به پتاسیم

مقدمه

شوری آب و خاک، از جمله موانع گسترش کشاورزی در بیش‌تر نقاط جهان می‌باشد، به‌طوری‌که پس از تنش خشکی، شوری از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های غیر زنده در سراسر جهان می‌باشد (Koushafar *et al*., 2011). این تنش موجب تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی متعددی در گیاهان می‌شود و در نهایت رشد و فتوسنتز گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Parida and Das, 2005).

شوری به طور مستقیم بر جذب عناصر اثرگذار می‌باشد، یکی از این عناصر پتاسیم است که افزایش غلظت سدیم، منجر به کاهش جذب آن می‌شود و به این ترتیب، حساسیت گیاه به تنش افزایش می‌یابد (Misra Sricasta tva, 2000). این تنش با اختلال در جذب مواد معدنی و دخالت در فعالیت ناقل‌ها و کانال‌های یونی در ریشه موجب کاهش جذب آب و مواد معدنی می‌شود؛ به عنوان مثال با اثر بر کانال‌های انتخابی k^+ (رقابت سدیم با پتاسیم)، مهار رشد ریشه توسط اثرات اسمزی Na^+ و یا با تأثیر Na^+ بر ساختار خاک جذب عناصر را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Parida and Das, 2005; Tester and Venterport, 2003) غلظت بالای املاح در محیط ریشه موجب کاهش پتانسیل آب خاک و ایجاد تنش خشکی فیزیولوژیک می‌شود. همچنین ایجاد سمیت یونی و

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی سابق دکتری، دانشیار، استاد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Ehteshamnia.ab@lu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.71942.1081

عدم تعادل یون‌ها در اثر تنش شوری به گیاه آسیب می‌رساند (Munns *et al*., 2006). پاسخ سریع به تنش شوری کاهش توسعه برگ است و افزایش غلظت شوری، منجر به توقف رشد برگ می‌شود (Parida and Das, 2005). همچنین تنش شوری فرآیند فتوسنتز را نیز تحت تاثیر قرار داده که این اثرات کاهشی توسط محققان گزارش شده است (Nazir *et al*., 2001). شوری موجب کاهش کربوهیدرات‌های ضروری برای رشد سلول‌های گیاهی و مراحل اصلی فرآیند فتوسنتز و سرعت آن می‌شود و پایین‌ترین سرعت فتوسنتز در گیاهان در شرایط تنش شوری مشاهده شده است (Parida and Das, 2005). افزایش شوری خصوصا شوری ناشی از کلرید سدیم، تغییراتی در فرآیندهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سلول‌های گیاهی به وجود آورده و موجب بازدارندگی رشد می‌شود (Alvarez and Sanchez, 2014). مشخص شده که تنش شوری، کاهش تولید زیست توده در گیاهان زینتی را در پی دارد که این اثر وابسته به گونه، شدت و مدت تنش متفاوت است (Alvarez and Sanchez, 2014; Cassaniti *et al*., 2003). یکی از دلایل کاهش زیست توده به طور معمول، مربوط به افت ظرفیت فتوسنتزی بوده که به دنبال کاهش میزان کلروفیل رخ می‌دهد. گیاهانی که در شرایط تنش شوری رشد می‌کنند، میزان فتوسنتزی آن‌ها کاهش یافته و همین عامل منجر به کاهش رشد، سطح برگ و ... در آن‌ها خواهد شد (Garcia *et al*., 2018). محل انجام واکنش‌های فتوشیمیایی و بیوشیمیایی فتوسنتز در کلروپلاست می‌باشد؛ با این حال این اندامک نسبت به تنش شوری بسیار حساس می‌باشد (Saravanavel *et al*., 2011). با افزایش غلظت نمک در تنش شوری، هدایت روزنه‌ای و آسیمیلاسیون کربن دی اکسید نیز کاهش یافته که هر دو عامل بر میزان فتوسنتز موثر بوده و منجر به کاهش و یا توقف آن می‌شوند (Zhang and Deng, 2012). گیاهان در مقابله با تنش با دو مشکل مواجه هستند، از یک طرف، تنش شوری موجب کاهش پتانسیل آب در خاک شده و جذب آب در محیط رشد ریشه را محدود می‌کند (Grattan and Grieve, 1999) و از طرف دیگر، اختلال در جذب برخی عناصر ناشی از اثرات سمیت برخی یون‌ها بر فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه، که در نهایت موجب کاهش رشد گیاه می‌شود (Taize and Zeiger, 1998). روش‌های مختلفی برای کاهش اثرات تنش وجود دارد که از جمله مهم‌ترین این روش‌ها، انتخاب و استفاده از ارقام مقاوم است.قرنفل (*Dianthus barbatus*) گیاهی زینتی از تیره میخک (Caryophyllaceae) می‌باشد (Zheng *et al*., 2018). گل‌های آن کوچک و مخملی و دارای رنگ‌های متنوعی از جمله صورتی، قرمز، سفید، بنفش و ترکیب سفید و قرمز است که به‌صورت منفرد یا چترمانند می‌باشند (Hashemi Esffahani, 2000).این گیاه مهم‌ترین گیاهان زینتی در فضای باز محسوب می‌شود و حدود ۳۰۰ گونه را که در سراسر جهان شامل می‌شود که بیش‌تر گونه‌های آن در مدیترانه توزیع شده است (Zheng *et al*., 2018). با توجه به ویژگی‌های گیاه قرنفل از جمله تنوع در رنگ گل و داشتن ارقام پاکوتاه و پابلند و همچنین مقاومت نسبی به سرما به‌صورت گسترده در فضای سبز کشت می‌شود، به همین علت بررسی واکنش گیاه به شرایط تنش‌های محیطی از جمله شوری حائز اهمیت می‌باشد. مطالعات محدودی در این زمینه انجام شده است ولی به‌طورکلی، گیاه قرنفل در پاسخ به تنش‌های محیطی با کاهش شاخص‌های رشدی از جمله طول ریشه و ارتفاع بوته، وزن تر و خشک به مقابله با آن می‌پردازد. بررسی اثر تنش شوری بر گل میخک نشان داد که ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار موجب کاهش صفات وابسته به فتوسنتز شامل هدایت روزنه‌ای، تعرق، ارتفاع گیاه، وزن خشک ریشه و برگ، سطح برگ و نیز طول و عرض روزنه‌های برگ به شدت در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کاهش یافت (Kwon *et al*., 2019). در پژوهشی که بر روی چند رقم نرگس شهلا صورت گرفت، نشان داده شد که میزان سدیم و پتاسیم شاخساره گیاه متاثر از میزان شوری بوده و با افزایش سطح تنش نسبت پتاسیم به سدیم کاهش می‌یابد (Veatch Blom *et al*., 2013).نباتی و همکاران (Nabati *et al*., 2016)، به منظور بررسی اثر تنش شوری بر ویژگی‌های فتوسنتز گیاه کوشیا، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده با سه سطح شوری ۵/۲، ۱۰/۵ و ۲۳/۱ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان عامل اصلی و سه توده کوشیا (بیرجند، بروجرد و سبزوار) به عنوان عامل فرعی در قالب طرح بلوک کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این پژوهش میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و دی اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای بررسی شد، افزایش شدت تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای و تبخیر و تعرق شد، اما در توده‌ها تقریبا برابر بود.در پژوهشی دیگر با کاربرد غلظت‌های ۱۲، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده کردند که تنش شوری موجب کاهش ارتفاع گیاه، تعداد گل، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه شد و در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار تنش شوری صفات مذکور به ترتیب، ۲۰/۵۶، ۹/۱۹، ۴۱/۴۵، ۶۲/۳۱، درصدی نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان دادند، همچنین گزارش کردند که گیاه مریم گلی تا سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار را تحمل کرده و نسبت به سطوح بالاتر از آن مقاومت ندارد (Heidari *et al*., 2018). بررسی اثر تنش شوری در سه سطح صفر، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بر شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل محمدی ژنوتیپ کاشان نشان داده شد‌که این ژنوتیپ از گل محمدی تا شوری ۸ دسی‌زیمنس قادر به رشد می‌باشد، اما در سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر رشد آن به شدت کاهش میابد هرچند که در سایر سطوح نیز کاهش وزن تر و خشک شاخساره مشاهده شد اما در این سطح رشد و عملکرد گیاه به شدت کاهش یافت (Omidi *et al*., 2018). در پژوهشی سطوح شوری بر دو رقم گل حنا انجام شد، مشخص شد که تنش شوری تعداد و قطر

گل و نیز وزن تر و خشک برگ، ریشه و اندام هوایی به شدت در سطوح بالای تنش شوری کاهش یافتند (Rozbahani *et al*., 2019). در پژوهشی دیگر که بر روی شش رقم رز صورت گرفت مشخص شد که تنش شوری علاوه بر کاهش رشد و وزن تر و خشک، موجب کاهش ارتفاع ارقام نیز می‌شود (Cai et al 2014). با توجه به این که شوری آب و خاک می‌تواند یک عامل محدودیت کشت این گیاه در برخی مناطق دنیا و ایران باشد و همچنین شوری می‌تواند سبب کاهش عملکرد گیاهان زینتی شود، لذا مطالعه عکس‌العمل این گیاه در شرایط شوری در انتخاب ارقام متحمل نسبت به شرایط تنش شوری کمک خواهد کرد. بنابراین هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی واکنش‌های مورفوفیزیولوژیک و شاخص‌های تبادلات گازی در دو رقم گیاه قرنفل نسبت به تنش شوری و انتخاب رقم متحمل تر نسبت به این شرایط بود.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش و تهیه مواد گیاهی

این پژوهش در سال ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی شهرداری خمین واقع در استان مرکزی انجام شد. شرایط محیطی گلخانه شامل میانگین دمای روزانه ۲۸ درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای شبانه ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود۶۵ درصد بود. بذرهای گیاه قرنفل از شرکت سینجنتا سید خریداری و در محیط کشت شامل ماسه، خاک و خاک برگ (به نسبت ۱:۱:۱) در گلدان پلاستیکی کشت شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل، بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول رقم در دو سطح (شامل ارقام 'دیانا' و 'باربارین')، فاکتور دوم تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در ۱۰ سطح (شامل صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلی‌مولار) بود. پس از تهیه بذر ارقام، ضدعفونی با هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد انجام شد و پس از شستشو با آب مقطر (سه مرتبه)، به تعداد یک بذر از هر رقم، در گلدان کاشته شدند. گلدان‌ها تا مرحله ۴ برگی، با آب معمولی آبیاری شدند. سپس، اعمال تیمارهای شوری آغاز گردید.

روش اعمال تیمار شوری

برای اعمال تنش شوری از کلرید سدیم استفاده گردید. برای محاسبه غلظت‌های مورد نظر از کلرید سدیم بر حسب میلی‌مولار، ابتدا جرم مولی نمک (۵۸/۵ گرم بر مول) به میلی‌مولار تبدیل و سپس غلظت‌های مورد نظر (بر اساس میزان نمک حل شده در یک لیتر) تعیین شدند. به منظور جلوگیری از ایجاد تغییرات ناگهانی در تنش شوری، تیمارهای شوری به صورت تدریجی و با غلظت کم انتخاب و سپس به تدریج به مقدار شوری دیگر تیمارها اضافه گردید.کلرید سدیم به‌صورت خاکی و از طریق آبیاری (۲۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر گلدان) به فاصله سه روز یکبار به گیاهان داده شد. نحوه‌ی اعمال تنش شوری به این صورت بود که در نوبت اول آبیاری، کلیه گلدان‌ها، بجز سطح شاهد، با محلول ۱۰ میلی‌مولار شوری آبیاری شدند. در نوبت‌های بعدی، این مقادیر در سطح مورد نظر، به تدریج افزایش یافت و در نهایت سطح شوری مورد نظر بعد از گذشت یک هفته لحاظ گردید. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب درون زهکش به منظور سنجش میزان شوری تجمع یافته در خاک گلدان‌ها در طی زمان استفاده گردید. برای کنترل EC در خاک، به طور تصادفی، تعدادی تانسیونیک داخل خاک گلدان قرار گرفت و EC عصاره اشباع خاک در طول فصل رشد جمع‌آوری و اندازه‌گیری شد و میانگین نتایج حاصل نشان داد که با توجه به این گلدان‌ها ۱۵ درصد بیش‌تر از ظرفیت زراعی آبیاری شدند. اعمال تنش شوری به مدت پنج هفته صورت گرفت. به منظور جلوگیری از تجمع شوری در خاک، گلدان‌ها هر ۱۲-۱۰ روز یکبار با آب مقطر آبیاری و بلافاصله اعمال تیمار تنش شوری در غلظت‌های مورد نظر صورت گرفت. پس از اتمام آزمایش، نمونه‌گیری از برگ‌های جوان توسعه یافته در مرحله گلدهی کامل، جهت بررسی صفات مورد نظر استفاده شد.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

صفات مورفولوژیک مورد بررسی در این پژوهش شامل وزن تر و خشک برگ، ریشه و شاخساره گیاه بود که بین چند بوته به‌طور تصادفی انتخاب، سپس جهت اندازه گیری اجزای گیاه به طور جداگانه، اجزای آن‌ها شامل برگ‌ها، ساقه، ریشه از هم جدا شد و وزن تر آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. سپس، برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در پاکت‌های کاغذی و در آون به مدت ۴۸ ساعت (در دمای درجه ۸۰ درجه سلسیوس) قرار گرفتند و سپس توزین شدند. برای اندازه‌گیری قطر ساقه و گل نیز از کولیس دیجیتال استفاده شد. برای اندازه‌گیری طول ساقه و ریشه نیز طول بلندترین ریشه و ساقه اصلی گیاه با استفاده از خط کش بر حسب سانتی‌متر انجام شد. جهت اندازه‌گیری سطح برگ، یک برگ از گره سوم هر بوته جدا و سپس سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل A30325) اندازه گیری شد.

اندازه‌گیری میزان فتوسنتز و اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای

فاکتورهای تبادلات گازی با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری تبادلات گازی قابل حمل (LCA4, ADC Bioscientific, Ltd., Hoddesdon, England) و در برگ‌های بالایی اندازه‌گیری شد. در زمان اندازه گیری تبادلات گازی، سطح برگ زیر چمبر ۶ سانتی‌متر، دی اکسید کربن زیر روزنه

۳۵۰ میکرومول در مول، دمای زیر چمبر ۲۶-۲۹ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۲-۵۸ درصد بود. اساس کار این دستگاه بر میزان دی اکسید کربن مصرفی می‌باشد. هدایت روزنه‌ای بر اساس میلی مول (آب) بر متر مربع در ثانیه و سرعت فتوسنتز بر اساس میکرومول (دی اکسید کربن) بر متر مربع در ثانیه اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری غلظت عناصر در گیاه

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر سدیم و پتاسیم ابتدا بافت گیاه را در کوره دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس تبدیل به خاکستر کرده و سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن اضافه شد تا نمونه حل شود. پس از آن، نمونه‌های حل شده را با استفاده از کاغذ صافی، صاف کرده و حجم محلول صاف شده را با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و در نهایت غلظت پتاسیم و سدیم با دستگاه شعله‌سنج اندازه‌گیری شد (William, 2000).

تجزیه آماری

این پژوهش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور تنش شوری و رقم با ۳ تکرار (در هر تکرار ۵ گلدان) اجرا شد. فاکتور تنش شوری در ۱۰ سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلی‌مولار) کلرید سدیم و فاکتور رقم در دو سطح (شامل رقم 'باربارین' و 'دیانا') بود. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار مینی تب و مقایسه میانگین بین تیمارها با توجه به حداقل سطح معناداری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تعیین شد.

نتایج و بحث

اثر تنش شوری و رقم بر صفات مورفولوژیک قرنفل

نتایج تجزیه واریانس به دست آمده از پژوهش نشان داد که اثر متقابل تنش شوری و رقم برای صفات وزن خشک شاخساره، وزن خشک برگ، سطح برگ و قطر ساقه در سطح یک درصد و برای وزن تر برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثرات ساده شوری و رقم برای قطر و تعداد گل (جدول ۲)، وزن تر شاخساره، ارتفاع گیاه، طول ریشه و تعداد شاخه جانبی (جدول ۱) در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل تنش شوری و رقم و نیز اثر اصلی رقم برای وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار نشد و تنها اثر اصلی تنش شوری در سطح یک درصد برای این دو صفت معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اعمال تنش شوری و رقم بر صفات مورفولوژیک گیاه قرنفل

Table 1- ANOVA for the effect of salinity stress and cultivar on morphological traits of Sweet William

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares										
		وزن تر شاخساره Shoot fresh weight	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	سطح برگ Leaf area	ارتفاع گیاه Plant height	طول ریشه Root length	تعداد شاخه جانبی Lateral shoot number	قطر ساقه Stem diameter
رقم Cultivar (C)	1	3.03**	6.22**	0.337^{ns}	0.36^{ns}	9.75**	8.573**	217.59**	49.051**	9.28**	6.66**	3.98**
تنش شوری Salinity stress (SS)	9	146.17**	81.54**	21.62**	14.190**	193.41**	37.480**	2688.32**	75.75**	62.23**	16.00**	8.99**
C×SS	9	0.22^{ns}	0.708**	0.021^{ns}	0.020^{ns}	0.665*	0.381**	65.40**	1.984^{ns}	0.277^{ns}	0.222^{ns}	0.13**
خطا Error	40	0.173	0.114	0.126	0.094	0.289	0.0804	21.83	1.048	0.152	0.166	0.048
ضریب تغییرات CV (%)	-	1.9	3.3	4.5	10.5	2.3	2.7	4.535	6.3	1.91	9.4	1.1

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، ** و * به ترتیب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

^{ns} Non-Significant, ** and * and significant at 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively.

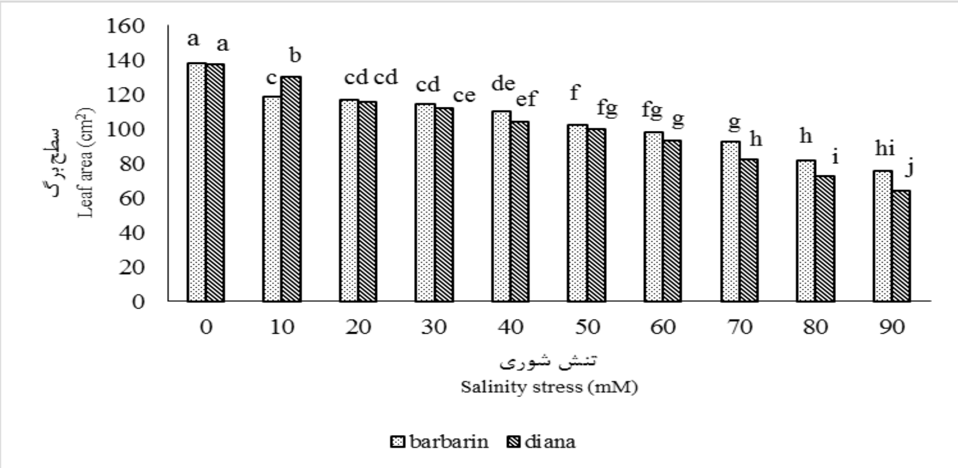
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر اعمال تنش شوری و رقم بر غلظت عناصر سدیم و پتاسیم، تبادلات گازی و صفات گل گیاه قرنفل

Table 2- ANOVA for the effect of salinity stress and cultivar on Na and K concentration, gas exchanges and flower traits of Sweet William

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares						
		میزان فتوسنتز Photosynthetic rate	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductive	تعداد گل Flower number	قطر گل Flower diameter	درصد سدیم Na^+ percentage	درصد پتاسیم K^+ percentage	نسبت سدیم به پتاسیم Na^+/K^+
رقم Cultivar (C)	1	0.6615**	5.53**	4.347**	2.608**	1.0541**	7.307**	0.299**
تنش شوری Salinity stress (SS)	9	23.589**	3761.32**	27.392**	40.206**	0.022*	1.901**	0.0610**
C×SS	9	0.032ns	0.45ns	0.195ns	0.059ns	0.0037ns	0.157**	0.0172**
خطا Error	40	0.051	0.24	0.197	0.209	0.0048	0.0156	0.00131
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.7	0.54	9.07	2.9	2.85	3.65	1.26

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، ** و * به ترتیب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns Non-Significant, ** and * and significant at 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively.



شکل ۱- اثر متقابل تنش شوری × رقم بر میزان سطح برگ گیاه قرنفل

Figure 1- The onteraction effect of salinity ×cultivar on leaf area of Sweet William plant (LSD, *p≤0.05*)

با توجه به شکل ۱، تنش شوری منجر به کاهش سطح برگ در دو رقم قرنفل شد، اما در رقم باربارین نسبت به دیانا میزان سطح برگ بیش‌تر بود. همچنین میزان وزن تر و خشک برگ نیز در رقم باربارین بالاتر از رقم دیانا بود (شکل ۲ و ۳).

در هر دو رقم وزن تر و خشک برگ با افزایش غلظت نمک، کاهش نشان داد، به طوری که به ترتیب، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان وزن تر و خشک برگ در تیمار کنترل و غلظت ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم وجود داشت. در شکل ۴، مشاهده می‌شود که با افزایش تنش شوری، وزن خشک شاخساره در هر دو رقم به شدت کاهش یافته است. اثر متقابل تنش شوری و رقم بر قطر ساقه نشان داد که، با افزایش شوری، قطر ساقه در رقم دیانا کاهش بیش‌تری نسبت به رقم باربارین داشته است (شکل ۵) و در تمام سطوح تنش شوری، رقم باربارین دارای قطر ساقه بیش‌تری نسبت به رقم دیانا بود. اثرات اصلی تنش شوری برای صفات وزن تر شاخساره، ارتفاع گیاه، طول ریشه، تعداد شاخه جانبی، تعداد و قطر گل نشان داد که تمامی صفات با افزایش سطح نمک، کاهش یافته و بالاترین میزان صفات در گیاه کنترل (عدم کاربرد کلرید سدیم) مشاهده شد (جدول ۳)، همچنین اثرات اصلی رقم برای صفات فوق نشان داد که رقم باربارین نسبت به رقم دیانا در تمامی صفات بالاترین میزان را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

جدول ۳- اثرات ساده تنش شوری و رقم بر برخی از صفات گیاه قرنفل

Table 3- The simple effects of salinity stress and cultivar on some traits of Sweet William

تیمار Treatment	سطح Level (mM)	تعداد گل Flower number	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	میزان فتوسنتز Photosynthetic rate	تعداد شاخه جانبی Lateral shoot number	طول ریشه Root length	ارتفاع گیاه Plant height	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight
تنش شوری **Salinity stress**	0	9.33^{a}	120.55^{a}	7.70^{a}	7.166^{a}	26.096^{a}	23.16^{a}	30.53^{a}
	10	7.166^{b}	115.25^{b}	6.388^{b}	6.166^{b}	23.62^{b}	19.41^{b}	26.32^{b}
	20	5.66^{c}	110.418^{c}	5.390^{c}	5.50^{c}	22.73^{c}	18.03^{c}	24.49^{c}
	30	5.50^{c}	103.845^{d}	4.075^{d}	4.83^{d}	22.186^{d}	16.83^{d}	23.66^{d}
	40	4.50^{d}	98.70^{e}	3.466^{e}	4.50^{d}	20.87^{e}	15.87^{de}	20.96^{e}
	50	4.33^{d}	94.24^{f}	3.136^{f}	4.00^{e}	19.384^{f}	15.42^{e}	19.58^{f}
	60	4.16^{d}	80.42^{g}	3.003^{fg}	3.50^{f}	18.54^{g}	15.01^{e}	18.23^{g}
	70	3.33^{e}	65.28^{h}	2.765^{g}	3.166^{f}	17.94^{h}	13.79^{f}	16.89^{h}
	80	3.00^{e}	56.47^{i}	2.471^{h}	2.50^{g}	16.89^{i}	12.55^{g}	16.10^{i}
	90	2.025^{f}	50.71^{j}	1.138^{i}	2.00^{h}	16.06^{j}	10.73^{h}	15.45^{j}
رقم **Cultivar**	باربارین	5.171^{a}	89.89^{a}	4.058^{a}	4.66^{a}	20.825^{a}	16.98^{a}	21.44^{a}
	دیانا	4.633^{b}	89.28^{b}	3.848^{b}	4.00^{b}	20.038^{b}	15.17^{b}	20.99^{b}

میانگین‌های که در هر ستون دارای حرف مشابه می‌باشند، براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Means composed of same letters in each column are not significantly different according to LSD test ($p<0.05$)

تجزیه واریانس وزن تر و خشک ریشه نشان داد که اثر اصلی تیمار تنش شوریبرای این دو صفت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) و با افزایش سطح نمک، از وزن تر و خشک ریشه کاسته شد (جدول ۴). کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در شرایط تنش شوری، به دنبال کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد گیاه اتفاق می‌افتد (Abdul *et al.*, 2007). معمولا اولین واکنش گیاه نسبت به تنش شوری، کاهش سطح برگ است و به نظر می‌رسد که گیاه با این روش، سعی در حفظ آب بافت‌های خود می‌کند (Mardani and Azizi, 2010 Khorsandi *et al.*, ;2010).

همچنین، کاهش تعداد گل‌آذین نیز به علت اختلال در فتوسنتز به دنبال شرایط تنش رخ می‌دهد که این امر موجب کاهش ارئه مواد حاصل از فتوسنتز به بخش‌های در حال رشد و در نهایت عدم رسیدن به پتانسیل ژنتیکی گیاه در مورد تعداد گل می‌شود (Ebrahim, 2005). تنش شوری اثر بازدارندگی شدیدی بر وزن خشک گیاه دارد. رشد کم ریشه با تاثیر بر انتقال آب و مواد غذایی و نیز توازن هورمونی، رشد اندام‌های هوایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mardani and Azizi, 2010).

جدول ٤- اثرات ساده تاثیر تنش شوری ذر وزن تر و خشک ریشه قرنفل

Table 4- The simple effects of salinity stress on wet and dry weight roots of Sweet William

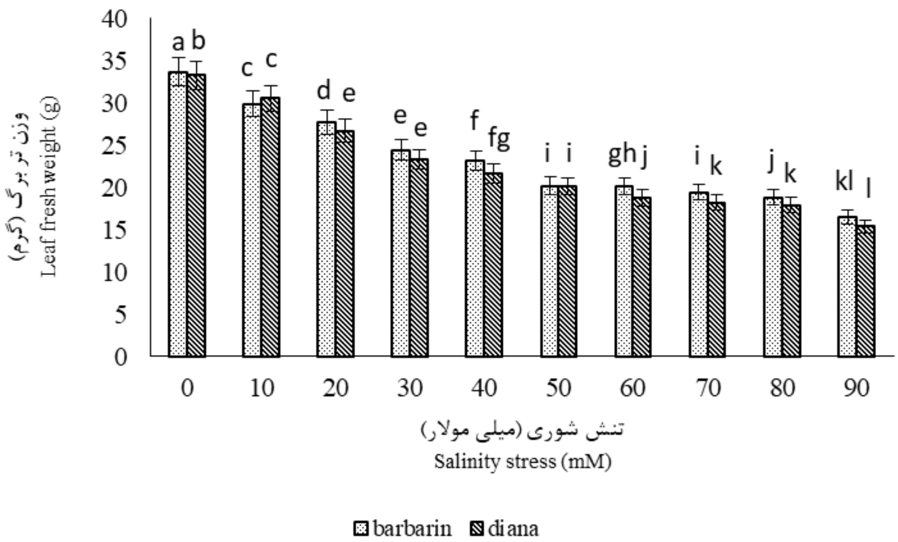
تیمار Treatment	سطح Level (mM)	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight
تنش شوری **Salinity stress**	0	5.400^{a}	10.525^{a}
	10	4.618^{b}	10.123^{a}
	20	4.012^{c}	9.503^{b}
	30	3.848^{c}	8.57^{c}
	40	2.858^{d}	8.47^{c}
	50	2.371^{e}	7.41^{d}
	60	2.132^{ef}	7.05^{d}
	70	1.965^{f}	6.162^{e}
	80	0.954^{g}	5.772^{e}
	90	0.798^{g}	4.934^{f}

میانگین‌های که در هر ستون دارای حرف مشابه می‌باشند، براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Means composed of same letters in each column are not significantly different according to LSD test ($p<0.05$)

اثر تنش شوری و رقم بر میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای

اثر متقابل تنش شوری و رقم بر تبادلات گازی قرنفل معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی شوری و رقم برای میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای نشان داد که با افزایش سطح تنش شوری از میزان تبادلات گازی کاسته شده و پایین‌ترین سطح میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در بالاترین سطح تنش شوری یعنی غلظت ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم مشاهده شد (جدول ۳). در تیمار کنترل بالاترین سطح فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای با اختلاف معنی‌دار نسبت به سطوح تنش شوری وجود داشت. فتوسنتز حساسیت بالایی نسبت به تنش شوری داشته و محدودیت‌های فتوسنتز طی دو مرحله رخ می‌دهد، اول محدودیت‌های مربوط به افزایش مقاومت روزنه‌ای که مقاومت روزنه‌ای نام دارند (Centritto *et al*., 2003) و دوم محدودیت‌های غیر روزنه‌ای که در غلظت‌های بالای نمک اتفاق می‌افتند (Munns *et al*., 2006). با افزایش سطح شوری، پتانسیل اسمزی اطراف ریشه بالا رفته که این امر موجب ترشح بیش‌تر هورمون آبسیزیک اسید از ریشه و در نهایت بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود (Aldesuquy and Ibrahim, 2001). کاهش هدایت روزنه‌ای که به دنبال تنش رخ می‌دهد دارای اثرات مثبت و منفی می‌باشد؛ اثر مثبت آن، حفظ محتوای آبی گیاه با کاهش تبخیر و تعرق است (Tester and Venterport, 2003). اما اثر منفی این فرآیند این است که بسته شدن روزنه، ممانعت از ورود و در نتیجه کاهش کربوکسیلاسیون کربن دی اکسید را به دنبال دارد (Flexas *et al*., 2004). در گیاهانی که هدایت روزنه‌ای بالاتر است با حفظ میزان تثبیت کربن دی اکسید در شرایط تنش اسمزی نسبت به سایر گیاهان برتری دارند (Dulai *et al*., 2005، Dulai *et al*., 2011)



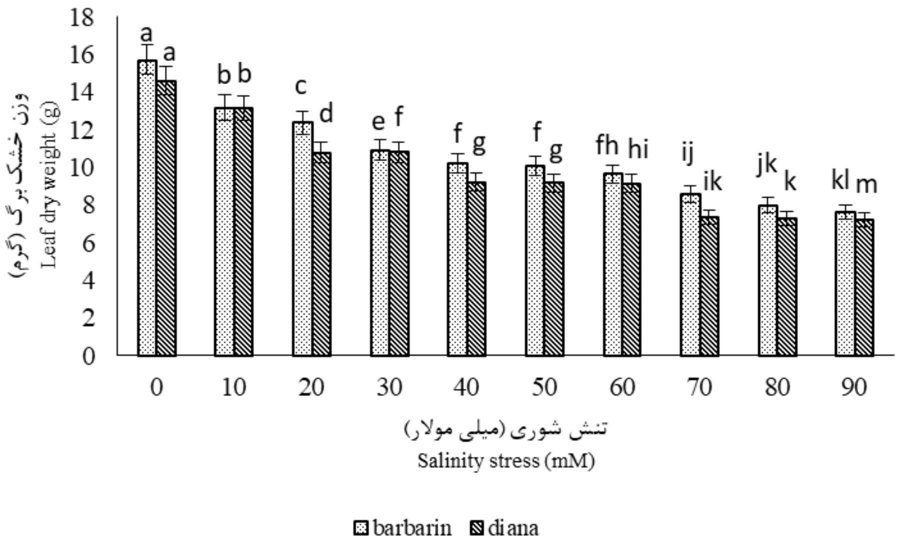
شکل ۲- اثر متقابل تنش شوری × رقم بر وزن تر برگ گیاه قرنفل

Figure 2- The interaction effect of salinity ×cultivar on leaf fresh weight of Sweet William plant (LSD, $p≤0.05$)

اثر تنش شوری و رقم بر غلظت عناصر سدیم و پتاسیم

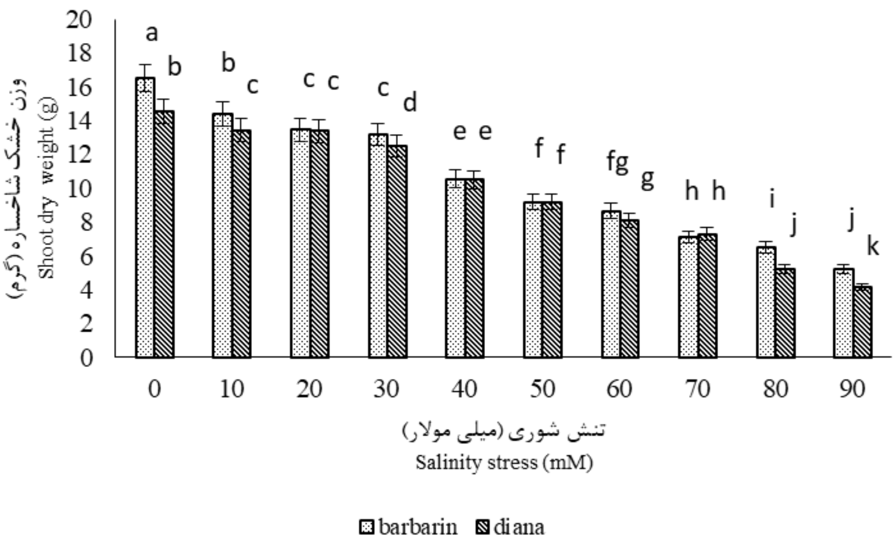
تجزیه واریانس برای غلظت عناصر سدیم و پتاسیم نشان داد که اثرات متقابل شوری و رقم در عناصر ذکر شده معنی‌دار نشد (جدول ۲). اثر عامل اصلی تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی رقم تنها در غلظت عنصر سدیم، معنی‌دار شد. نتایج‌مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین غلظت سدیم (۱/۳۶ درصد) در شرایط تنش شدید (۹۰ میلی‌مولار) و کم‌ترین غلظت (۰/۲۱۹۶ درصد) در شرایط بدون تنش گزارش شد. از بین ارقام دو رقم مورد بررسی در این پژوهش، میزان غلظت سدیم در رقم باربارین (۰/۵۰۸۲ درصد) نسبت به رقم دیانا (۰/۵۴۴۷ درصد) کم‌تر بود، که نشان‌دهنده مقاومت بیش‌تر این رقم در جذب سدیم می‌باشد.همچنین نتایج نشان داد که نسبت سدیم به پتاسیم تفاوت معنی‌داری را میان ارقام مختلف و سطوح مختلف شوری نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین ارقام از لحاظ نسبت سدیم به پتاسیم نشان داد که رقم باربارین به طور نسبی بیش‌ترین یون پتاسیم را در مقایسه با سدیم جذب نمود و دارای نسبت سدیم به پتاسیم پایین‌تری نسبت به رقم

دیانا بود.نتایج غلظت پتاسیم نشان داد که اثر متقابل شوری و رقم و نیز اثرات اصلی آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دارشد. بیش‌ترین غلظت پتاسیم (۵/۱۵۷ درصد) در رقم باربارین و در شرایط بدون تنش (صفر میلی‌مولار) مشاهده شد و کم‌ترین میزان (۱۴/۷۹ درصد) در رقم دیانا در شرایط تنش شدید (۹۰ میلی‌مولار) مشاهده شد. پتاسیم دارای نقش به سزایی در مقاومت گیاهان نسبت به تنش دارد (Shirazi *et al*., 2005)، پتاسیم یک عنصر ضروری برای گیاه و فراوان‌ترین عنصر در اندام‌های گیاهی پس از نیتروژن می‌باشد و به عنوان یک اسمولیت معدنی نقش عمده‌ای در حفظ فشار تورژسانس دارد؛ که در نهایت توسعه سلولی و عملکرد سلول‌های روزنه‌ای می‌شود. همچنین، پتاسیم در فعال‌سازی آنزیم‌های دخیل در عمل فتوسنتز و تولید پروتئین و نیز حفظ تعادل بار الکتریکی در غشاهای سلول نقش دارد (Rostami *et al*., 2013).



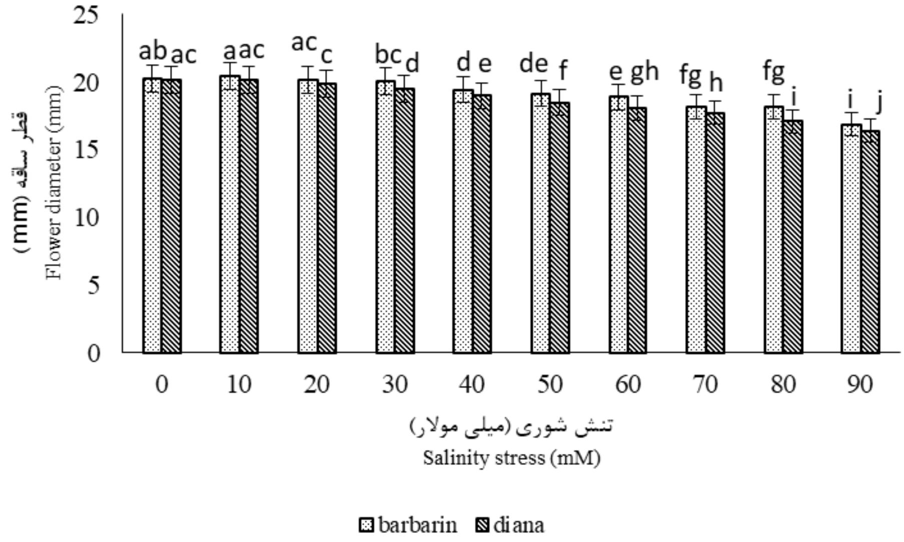
شکل ۳- اثر متقابل تنش شوری × رقم بر وزن خشک برگ گیاه قرنفل

Figure 3- The interaction effect of salinity ×cultivar on leaf dry weight of Sweet William plant (LSD, *p≤0.05*)



شکل ٤- اثر متقابل تنش شوری × رقم بر وزن خشک شاخساره گیاه قرنفل

Figure 4- The interaction effect of salinity ×cultivar on shoot dry weight of Sweet William plant (LSD, *p≤0.05*)



شکل ۵- اثر متقابل تنش شوری × رقم بر قطر ساقه گیاه قرنفل

Figure 5- The interaction effect of salinity ×cultivar on stem diameter of Sweet William plant (LSD, $p\leq0.05$)

عنصر سدیم نیز در آب و خاک موجود است و توسط گیاه به طور وسیع جذب می‌شود، اما سدیم یک عنصر ضروری برای رشد گیاه نبوده و قادر نخواهد بود که به عنوان جایگزینی برای عناصری مانند پتاسیم و کلسیم عمل کند (Rostami *et al.*, 2013). جذب بیش از حد عنصر سدیم در شرایط تنش به واسطه اختلال در جذب سایر عناصر و نیز اثر سمیت آن موجب محدودیت رشد می‌شود (Muns, 1993). در واقع، افزایش در نسبت سدیم/پتاسیم با افزایش سطح شوری، به علت افزایش سرعت جذب سدیم و ممانعت سدیم از جذب پتاسیم می‌باشد. این احتمال وجود دارد که در شرایط تنش، افزایش تجمع پتاسیم در سلول‌ها به خاطر حفظ تنظیم اسمزی در مقابل مقادیر زیاد کلر رخ دهد رضایی و همکاران (Noctor *et al*., 2002).

همبستگی بین صفات مورد اندازه گیری

نتایج حاصل از همبستگی صفات در این پژوهش نشان داد که بین تمامی صفات مورفولوژیکی و غلظت پتاسیم شاخساره همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۵). ارتفاع گیاه با وزن تر برگ، وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، وزن تر و خشک برگ با تعداد شاخه جانبی، وزن تر برگ و شاخساره و طول ریشه با تعداد گل، در سطح ۵ درصد دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بودند و در سایر صفات مورفولوژیک همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد مشاهده شد. شاخص‌های تبادلات گازی نیز با صفات مورفولوژیکی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار (یک درصد) بودند. اما بین غلظت سدیم شاخساره و نسبت سدیم به پتاسیم همبستگی و ارتباط منفی با تمام صفات مورد بررسی وجود داشت، که نشان دهنده اثر منفی کلرید سدیم بر پارامترهای رشدی و جلوگیری از جذب پتاسیم توسط گیاه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی تنش شوری رشد و عملکرد هر دو رقم قرنفل را تحت تاثیر قرار داد و با افزایش تنش شوری، تمام صفات مورفولوژیکی کاهش یافت. همچنین این تنش با کاهش هدایت روزنه‌ای منجر به کاهش فتوسنتز و به دنبال آن کاهش سایر شاخص‌های رشدی شد. هر دو رقم قرنفل، در غلظت‌های بالای شوری (۹۰ میلی‌مولار) کاهش رشد نشان دادند؛ اگرچه رقم باربارین نسبت به دیانا مقاومت بالاتری نشان داد. غلظت عناصر سدیم و پتاسیم و نیز نسبت آن‌ها نشان داد که با افزایش غلظت کلرید سدیم، میزان سدیم بافت افزایش و میزان پتاسیم کاهش یافت که این کاهش در رقم دیانا بیش‌تر از رقم باربارین بود که بیانگر مقاومت بالاتر رقم باربارین نسبت به رقم دیانا می‌باشد. بنابراین توصیه می‌شود که در صورت کشت گیاه قرنفل در مناطق دارای آب و یا خاک شور، رقم باربارین می‌تواند گزینه مناسب‌تری برای کشت باشد.

جدول ۵- همبستگی بین صفات گیاه قرنفل

Table 5- Correlation between Sweet William traits

صفات Triats	ارتفاع بوته Plant height	سطح برگ Leaf area	قطر گل Flower diameter	شاخه جانبی Lateral shoot	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	طول ریشه Root length	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	قطر ساقه Stem diameter	میزان فتوسنتز Pn	هدایت روزنه‌ای Stomatal Conductive	تعداد گل Flower number	غلظت سدیم Na (%)	غلظت پتاسیم K (%)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K
Plant height	1																	
Leaf area	0.90**	1																
Flower diameter	0.65**	0.64**	1															
Lateral shoot	0.51**	0.52**	0.75**	1														
Leaf fresh weight	0.42*	0.93**	0.76**	0.46*	1													
Leaf dry weight	0.62**	0.93**	0.70**	0.44*	0.96**	1												
Shoot fresh weight	0.91**	0.94**	0.97**	0.54**	0.97**	0.97**	1											
Shoot dry weight	0.91**	0.94**	0.97**	0.63**	0.93**	0.92**	0.95**	1										
Root length	0.92**	0.75**	0.57**	0.45*	0.96**	0.96**	0.97**	0.97**	1									
Root fresh weight	0.87**	0.94**	0.55**	0.33*	0.94**	0.92**	0.94**	0.97**	0.95**	1								
Root dry weight	0.89**	0.93**	0.63**	0.38*	0.95**	0.94**	0.96**	0.96**	0.96**	0.95**	1							
Stem diameter	0.88**	0.64**	0.91**	0.62**	0.86**	0.86**	0.88**	0.94**	0.91**	0.93**	0.90**	1						
Pn	0.90**	0.91**	0.95**	0.93**	0.98**	0.96**	0.96**	0.93**	0.95**	0.93**	0.94**	0.86**	1					
Stomatal conductive	0.86**	0.94**	0.93**	0.91**	0.89**	0.89**	0.93**	0.96**	0.94**	0.96**	0.94**	0.94**	0.88**	1				
Flower number	0.93**	0.91**	0.64**	0.93**	0.45*	0.66**	0.45*	0.71**	0.44*	0.50**	0.52**	0.65**	0.95**	0.87**	1			
Na (%)	-0.76**	-0.86**	-0.80**	-0.80**	-0.72**	-0.75**	-0.78**	-0.86**	-0.81**	-0.86**	-0.82**	-0.88**	-0.73**	-0.93**	-0.74**	1		
K (%)	0.85**	0.93**	0.88**	0.90**	0.83**	0.85**	0.87**	0.93**	0.90**	0.91**	0.90**	0.95**	0.82**	0.95**	0.82**	-0.93**	1	
Na/K	-0.71**	-0.89**	-0.73**	-0.74**	-0.66**	-0.67**	-0.70**	-0.80**	-0.75**	-0.80**	-0.77**	-0.84**	-0.67**	-0.87**	-0.68**	0.97**	-0.90**	1

** و * به ترتیب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

** and * : significant at 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively.

منابع

1- Abdul, J., Gopisankar, R.B., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sridharan, R., & Panneerselvam, R. (2007). Studies on germination, seedling vigor, lipid peroxidation and proline metabolism in *Catharanthus roseus* seedling under salt stress. *Journal of Botany* 73: 190-195. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2006.11.001.

2- Akram, N.A., & Ashraf, M. (2011). Improvement in growth, chlorophyll pigments and photosynthetic performance in salt-stressed plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by foliar application of 5-aminolevulinic acid. *Agrochimica* 55: 94-104.

3- Aldesuquy, H.S., & Ibrahim, A.H. (2001). Interactive effect of seawater and growth bio-regulators on water relations, absicisic acid concentration, and yield of wheat plants. *Journal of Agronomy and Crop Science* 187: 185-193. https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2001.00522.x.

4- Alvarez, S., & SanchezBlanco, M.J. (2014). Longterm effect of salinity on plant quality, water relations, photosynthetic parameters and ion distribution in *Callistemon citrus*. *Plant Biology 16*(4): 757-764. https://doi.org/10.1111/plb.12106.

5- Azari, A., ModaresSanavi, S.A.M., Askari, H., Ghanati, F., Naji, A.M., & Alizadeh, B. (2012). Effect of salt stress on morphological and physiological traits of two species of rapeseed (*Brassica napus* and *B. rapa*). *Iranian Journal of Crop Sciences* 14: 121-135. (In Persian with English abstract). http://agrobreedjournal.ir/article-1-90-en.html.

6- Boursier, P., & Läuchli, A. (1990). Growth responses and mineral nutrient relations of salt-stressed sorghum. *Crop Science* 30: 1226-1233. https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000060014x.

7- Cai, X., Niu, G., Starman, T., & Hall, C. (2014). Response of six garden roses (*Rosa* × *hybrida* L.) to salt stress. *ScientiaHorticulturae 16*(8): 27-32. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.12.032.

8- Cassaniti, C., Leonardi, C., & Flowers, T.J. (2009). The effects of sodium chloride on ornamental shrubs. *ScientiaHorticulturae 122*(4): 586-593. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.06.032.

9- Centritto, M., Loreto, F., & Chartzoulakis, K. (2003). The use of low [CO_2] to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. *Plant, Cell and Environment* 26: 585-594. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.00993.x.

10- Chinnusamy, V., Jagendorf, A., & Zhu, J.K.(2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science* 45: 437-448. https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0437.

11- Dulai, S., Molnár, I., Háló, B., & Molnár-Láng, M. (2010). Photosynthesis in the 7H AsakazeKomugi/Manas wheat/barley addition line during salt stress. *Acta AgronomicaHungarica* 58: 367-376. https://doi.org/10.1556/AAgr.58.2010.4.5.

12- Dulai, S., Molnár, I., & Molnár-Láng, M. (2011). Changes of photosynthetic parameters in wheat/barley introgression lines during salt stress. *Acta Biologica Szegediensis* 55: 73-75. http://www.sci.u-szeged.hu/ABS.

13- Dulai, S., Molnár, I., Szopkó, D., Darkó, É., Vojtkó, A., Sass-Gyarmati, A., & Molnár-Láng, M. (2014). Wheat *Aegilops biuncialisamphiploids* have efficient photosynthesis and biomass production during osmotic stress. *Journal of Plant Physiology* 171: 509-517. http://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.11.015.

14- Ebrahim, M. (2005). Amelioration of sucrose metabolism and yield changes, in storage roots of NaCl-stressed sugar beet by ascorbic acid. *Agrochimica* 49: 93–103.

15- Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., & Sharkey, T.D. (2004). Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biology* 6: 269-279. https://doi.org/10.1055/s-2004-820867.

16- Garcia-Caparros, P., & Lao, M.T. (2018). The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. *ScientiaHorticulturae* 240: 430-439. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.022.

17- Grattan, S.R., & Grieve, C.M. (1999). Salinity-mineral-nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulture* 78: 127-157. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00192-7.

18- HashemiEsfahani, A. (2000). *Promotion of Modern Floriculture*. Nasagh Publications. (In Persian)

19- Khorsandi, O., Hassani, A., Sefidkon, F., Shirzad, H., & Khorsandi. A. (2010). Effect of salinity (NaCl) on growth, yield, essential oil content and composition of *Agastachefoeni culumkuntz*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 26: 438-451. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6807.

20- Heidari, Z., Asadi Gharneh, H., & Razmjo, J., (2018). The effect of salinity stress sodium chloride on some morphological aspect of sage plant (*Salvia nemorosa* L.). *Jornal of Environmental Stress in Agricultural Science 13*(4): 983-993. http://doi.org/10.22077/escs.2020.2211.1556.

21- Kingsbury, R.W., Epestin, E., & Pearcy, R.W. (1983). Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Journal Plant Physiology* 74: 417-423. https://doi.org/10.1104/pp.74.2.417.

22- Koushafar, M., Khoshgoftarmanesh, A.H., Moezzi, A.A., & Mobli, M. (2011). Effect of dynamic unequal distribution of salts in the root environment on performance and crop per drop (CPD) of hydroponic-grown tomato. *Science Horticulture* 131: 1-5. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.09.016.

23- Kwon, O.K., Mekapogu, M., & Kim, K.S. (2019). Efect of salinity stress on photosynthesis and related physiological responses in carnation (*Dianthus caryophyllus*). *Horticulture, Environment, and Biotechnology* https://doi.org/10.1007/s13580-019-00189-7.

24- Mardani, H., & Azizi, M. (2010). Effect of salicylic acid on morphological and physiological parameter of cucumber (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) in dry stress. *Iranian Journal of Horticulture Science* 3: 321-326. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.23222050.1390.18.3.5.8.

25- Misra, A., & Sricastatva, N.K. (2000). Influence of water stress on Japanese m int. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 7: 51-58. http://dx.doi.org/10.1300/J044v07n01_07.

26- Munns, R. (1993). Physiological process limiting plant growth in saline soils: some damages and hypothesis. *Plant Cell Environment* 16: 15-24. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1993.tb00840.x.

27- Munns, R., James, R.A., & Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 57: 1025-1043. https://doi.org/10.1093/jxb/erj100.

28- Nabati, J., Kafi, M., Boromande Reza Zadeh, A., Masomi, A., &Zare Mehrjerdi, M. (2016). The effect of salinity stress on the photosynthetic apparatus Kochia (*Bassias coparia*) In field conditions. *Iranian Agricultural Research Journal 16*(4): 743-759. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20081472.1397.16.4.4.1.

29- Nazir, N., Ashraf, M., & Ejaz, R. (2001). Genomic relationships in oilseed *Brassicas* with respect to salt tolerancephotosynthetic capacity and ion relations. *Pakistan Journal of Botany* 33: 483-501.

30- Noctor, G., Veljovic-Jovanovic, S.D., Driscoll, S., Novitskaya, L., & Foyer, C.H. (2002). Drought and oxidative load in wheat leaves. A predominant role for photorespiration. *Annal Botonical* 89: 841-850. https://doi.org/10.1093%2Faob%2Fmcf096.

31- Omidi, M., Khandan Mirkohi, A., Kafi, M., & Zamani, Z. (2018). The effect of salinity stress on some physiological and morphological indicators in damask rose Kashan genotype. *Journal of Horticultural Science of Iran 51*(1): 1-17. https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.251968.1398.

32- Omoto, E., Taniguchi, M., and Miyake, H. 2010. Effects of salinity stress on the structure of bundle sheath and mesophyll chloroplasts in NAD-malic enzyme and PCK type C4 plants. Plant Production Science 13: 169-176. https://doi.org/10.1626/pps.13.169.

33- Rozbahani, F., Mosavi Fard, S., & Rezaiee Nejad, A. (2019). The effect of proline on some physiological and biochemical characteristics in two varieties lady flowers (*Impatiens walleriana*) under salinity stress. *Journal of Horticultural Science of Iran 51* (3). 537-550. https://doi.org/10.22059/ijhs.2019.279774.1632.

34- Parida, A.K., & Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Eco toxico. and Enviro. Safety* 60: 324-349. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010.

35- Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., & Tavakoli, A. (2010). Growth and stomatal responses of bread wheat genotypes in tolerance to salt stress. *World Academy of Science Engineering and Technology* 71: 14-19.

36- Rostami, M., Mohammad Parast, B., & Golpham, R. (2013). *Effect of different levels of salinity stress on leaf concentrations of saffron leaves (Crocus sativus* L.*).* National Conference on Agricultural Science and Technology, Malayer, Malayer University. (In Persian). https://doi.org/10.22048/jsat.2015.10379.

37- Saravanavel, R., Ranganathan, R., & Anantharaman, P. (2011). Effect of sodium chloride on photosynthetic pigments and photosynthetic characteristics of *Avicennia officinalis* seedlings. *Recent Research in Science and Technology* 3: 177-180.

38- Shirazi, M.U., Ashraf, M.Y., Khan, M.A., & Naqvi, M.H. (2005). Potassium induced salinity tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal Environment Science Technology* 2: 233-236. https://doi.org/10.1007/BF03325881.

39- Taize, L., & Zeiger, E. (1998). *Plant Physiology*. Sinauar Associates, Inc. Pub., Massachusetts.

40- Tester, M., & Venterport, R.D. (2003). Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. *Ann. Botonical* 93: 503- 537. https://doi.org/10.1093/aob/mcg058.

41- Veatch-Blohm, M.E., Chen, D., & Hassett, M. (2013). Narcissus cultivar differences in response to saline irrigation when application began either pre- or postemergence. *Horticultureal Science 48*(3): 322-329. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.3.322.

42- William, H. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international.* 17nd ed. USA: AOAC International. 100p.

43- Zhang, G., & Deng, C. (2012). Gas exchange and chlorophyll fluorescence of salinity-alkalinity stressed *Phragmites australis* seedlings. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 10: 880-884.

44- Zheng, J., Ma, X., Zhang, X., Hu, Q., & Qian, R. (2018). Salicylic acid promotes plant growth and salt-related gene expression in *Dianthus superbus* L. (Caryophyllaceae) grown under different salt stress conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants 24*(2): 231–238. https://doi.org/10.1007%2Fs12298-017-0496-x.